

**Reducing the ammonium concentration of aqueous solutions comprises passing it through a reactor containing adsorption agent, passing activated sludge containing dissolved salt through the reactor by means of gas and rinsing**

**Patent number:** DE19934409  
**Publication date:** 2001-01-25  
**Inventor:** ECKER MICHAEL (DE); KOCH ANDREAS (DE)  
**Applicant:** BILFINGER & BERGER UMWELTVERFA (DE)  
**Classification:**  
- **International:** C02F1/42; C02F1/28; B01J20/18; B01J20/34  
- **European:** C02F1/28B; B01J39/14; B01J49/00; C02F1/42  
**Application number:** DE19991034409 19990722  
**Priority number(s):** DE19991034409 19990722

**BEST AVAILABLE COPY**

**Abstract of DE19934409**

Reducing the ammonium concentration of aqueous solutions comprises passing the solution through a reactor containing adsorption agent, passing activated sludge containing dissolved salt through the reactor by means of gas and rinsing with liquid. Reducing the ammonium concentration of aqueous solutions comprises passing the solution through a reactor containing adsorption agent, passing activated sludge containing dissolved salt through the reactor by means of gas and rinsing with liquid. An Independent claim is included for the apparatus used comprising a reactor(s) containing adsorption agent, an activator vessel containing activated sludge, a ventilation device, reactor control devices, a sludge circulation device and an air circulation device.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

21 Aktenzeichen: 199 34 409.4  
22 Anmeldetag: 22. 7. 1999  
43 Offenlegungstag: 25. 1. 2001

BEST AVAILABLE COPY

71 Anmelder:

Bilfinger + Berger Umweltverfahrenstechnik  
GmbH, 68219 Mannheim, DE

74 Vertreter:

Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,  
Dost, Altenburg, Geissler, Isenbruck, 68165  
Mannheim

72 Erfinder:

Ecker, Michael, Dr., 68167 Mannheim, DE; Koch,  
Andreas, 68161 Mannheim, DE

55 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

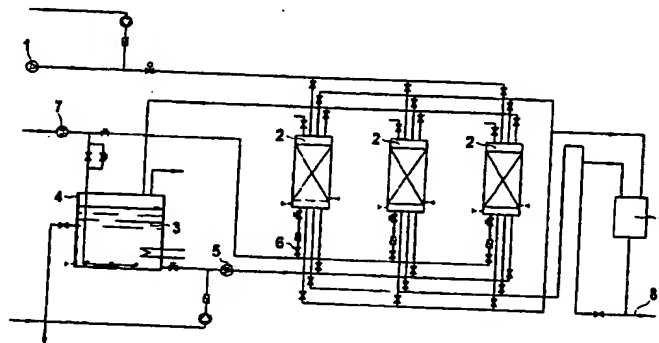
DE 42 31 628 C1  
WO 91 04 948 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Entfernung von Ammonium

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung der Ammoniumkonzentration von Ammonium enthaltenden wäßrigen Lösungen, das folgende Schritte aufweist:  
d) Leitung einer Ammonium enthaltenden wäßrigen Lösung durch einen Adsorptionsmittel aufweisenden Reaktor,  
e) Beförderung von gelöstem Salz enthaltendem Belebtschlamm (3) durch den Reaktor, wobei der aus dem Reaktor ausgeführte Belebtschlamm (3) in einem Behälter aufgefangen wird und  
f) Spülen des Reaktors mit Flüssigkeit, die kein oder nur wenig Ammonium enthält.  
Das Verfahren hat die Besonderheit, daß während der Durchführung von Schritt b) Gas von unten durch den Reaktor geleitet wird. Dadurch wird einer Verstopfung des Reaktors entgegengewirkt. Das Verfahren eignet sich insbesondere zur Aufarbeitung von mit Ammonium belasteten Abwässern.



DE 199 34 409 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung der Ammoniumkonzentration von Ammonium enthaltenden wäßrigen Lösungen und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Ammonium ist als starkes Umweltgift in Gewässern bekannt. Es gelangt durch unterschiedliche Vorgänge in Grund- und Oberflächengewässer. Leckagen in Abwasserleitungen sind immer häufiger Ursache für Grundwasserverunreinigung durch Ammonium. Vor allem in Oberflächengewässern bildet sich Ammonium durch biologischen Abbau von Biomasse. Schon bereits in geringen Konzentrationen kann sich Ammonium schädigend auf die Ökologie von Gewässern auswirken.

Gründe hierfür sind:

- in Oberflächengewässern führt Ammonium zur Eutrophierung;
- der hohe Sauerstoffverbrauch beim Abbau von Ammonium belastet den Sauerstoffhaushalt der Gewässer;
- es hat bereits bei niedrigeren Konzentrationen toxische Wirkung auf höhere Organismen

Ammonium läßt sich durch biologischen Abbau (Nitrifikation) aus Ammonium enthaltender wäßriger Lösung entfernen. Diese Technik wird in der Regel bei den technischen Verfahren der Kläranlagen angewendet. Eine weitere Möglichkeit zur Entfernung von Ammonium ist die Desorption von Ammoniak mit Luft bei erhöhter Wassertemperatur, wobei im Verhältnis zum Wasser große Mengen Luft notwendig sind.

Der biologische Abbau funktioniert in der Regel nur, wenn keine weiteren für die nitrifizierenden Organismen toxischen Bestandteile oder höheren Salzkonzentrationen vorhanden sind. Die Entfernung von Ammonium durch Desorption ist nur bei recht hoher Ammoniakkonzentration (ca. > 1 g/l) wirtschaftlich.

Eine Alternative zu den vorstehend genannten Verfahren bietet die Möglichkeit, Ammonium an Zeolithen zu adsorbieren und die beladenen Zeolithe anschließend zu regenerieren.

Die DE-C-35 30 498 beschreibt ein Verfahren, bei dem Ammonium aus einer Ammonium enthaltenden, sauren wäßrigen Lösung durch Adsorption an Zeolithen entfernt wird. Letztere werden mittels Natronlauge regeneriert, und aus dem Regenerat wird das Ammonium durch Desorption oder Destillation entfernt.

Gemäß der DE-C-42 31 628 kann Ammonium durch Adsorption an Zeolithen in einer verstopfungssicheren Ionenaustauschanordnung entfernt werden, wobei die Zeolithe anschließend in einem Nitrifizierungsreaktor gereinigt werden.

M.J. Semmens, T.S. Porter in Journal WPCF 51 No. 12 (1979) 2928 beschreiben ein Verfahren, bei dem Ammonium in einer Säule an Zeolithen adsorbiert wird, und die Zeolithe durch Pumpen von nitrifizierenden Bakterien und Natriumnitrat enthaltendem Belebtschlamm durch die Säule regeneriert werden. Bei diesem Regenerationsverfahren sind hohe Durchflußgeschwindigkeiten zur Fluidisierung der Schüttung notwendig, um ein Verstopfen der Säule durch Bakterien zu verhindern. Durch diese (notwendige) hohe Durchflußgeschwindigkeit des Belebtschlammes können die nitrifizierenden Bakterien geschädigt werden, so daß dann der biologische Abbau des Ammoniums und damit die Regenerierung der Zeolithe nur noch sehr langsam erfolgt. Außerdem ist aufgrund der durch die hohe Durchflußgeschwindigkeit bedingten, verhältnismäßig kurzen Verweil-

zeit des Belebtschlammes in der Säule die Ammoniumkonzentration am Ausfluß der Säule entsprechend hoch - das freigesetzte Ammonium kann nicht mit entsprechender Geschwindigkeit biologisch abgebaut werden. Somit findet in der Säule die Umwandlung von Ammonium in Nitrat meist nicht im gewünschten Maße statt. Der weitere Abbau muß dann nachfolgend, außerhalb der Säule, beispielsweise in weiteren nachgeschalteten Säulen erfolgen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren hervorzubringen, bei dem Ammonium adsorbiert wird und die Desorption, d. h. die Regenerierung des Adsorptionsmittels, effektiv durchgeführt werden kann. Die Regenerierung soll unter anderem mit Hilfe biologischer Maßnahmen erfolgen, wobei schon während der Regenerierung Ammonium effektiv zu Nitrat umgesetzt werden soll. Das Verfahren soll wirtschaftlich und zuverlässig durchführbar sein.

Die Lösung dieser Aufgabe geht aus von dem Verfahren zur Reduzierung der Ammoniumkonzentration in Ammoniak enthaltenden wäßrigen Lösungen, das folgende Schritte aufweist:

- a) Leitung einer Ammonium enthaltenden wäßrigen Lösung durch einen Adsorptionsmittel aufweisenden Reaktor,
- b) Förderung von gelöstes Salz enthaltendem Belebtschlamm durch den Reaktor, wobei der aus dem Reaktor ausgeführte Belebtschlamm in einem Behälter aufgefangen wird und
- c) Spülen des Reaktors mit Flüssigkeit, die kein oder nur wenig Ammonium enthält.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß während der Durchführung von Schritt b) Gas von unten durch den Reaktor geleitet wird.

Unter Adsorptionsmittel sollen Feststoffe verstanden werden, die in der Lage sind, Ammonium zu adsorbieren oder zu absorbieren. Unter Belebtschlamm soll Schlamm verstanden werden, der Wasser und Mikroorganismen (in der Regel Bakterien) enthält, die in der Lage sind, Ammonium in andere Stickstoffverbindungen, insbesondere Nitrat, umzuwandeln. Unter einer Flüssigkeit, die nur wenig Ammonium enthält, soll eine Flüssigkeit verstanden werden, die weniger Ammonium aufweist, als die Ammonium enthaltende wäßrige Lösung, deren Ammoniumkonzentration reduziert werden soll.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, Ammonium kostengünstig aus Wasser zu entfernen. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Ammonium enthaltende wäßrige Lösung vor dem Einsatz nicht erwärmt werden muß, wodurch der Energiebedarf vergleichsweise gering ist. Durch das Hindurchleiten des Gases durch den Reaktor ist es möglich, den Belebtschlamm langsam durch die Schüttung zu pumpen, da das aufsteigende Gas einer Verstopfung des Reaktors entgegenwirkt. Wesentlich ist, daß die Mikroorganismen auch bei längerem Betrieb nicht oder nur in geringerem Maße geschädigt werden. Durch die verhältnismäßig niedrige Fließgeschwindigkeit des Belebtschlammes werden ausreichende Verweilzeiten in dem Reaktor gewährleistet, so daß bereits in der Säule Ammonium effektiv abgebaut werden kann. Am Auslauf des Reaktors liegen somit bereits verhältnismäßig niedrige Ammoniumkonzentrationen vor, so daß auf ein nachfolgend durchgeführtes Verfahren zum weiteren Abbau des Ammoniums (zum Beispiel durch Nachschaltung weiterer Säulen) in der Regel verzichtet werden kann.

Häufig liegt bei der Regenerierung folgendes Prinzip vor: Das mit Ammonium beladene Adsorptionsmittel wird von Belebtschlamm durchflossen. Dabei wird Ammonium durch Ionen des in dem Belebtschlamm enthaltenen Salzes

nach dem Prinzip eines Ionenaustauschs ersetzt, wodurch Ammonium in die Lösung freigesetzt wird. Das freigesetzte Ammonium wird anschließend biologisch mit Hilfe der im Belebtschlamm enthaltenen Mikroorganismen in dem Reaktor abgebaut.

In der Regel ist der eingesetzte Reaktor rohr- oder säulenförmig ausgebildet. Dies ist zweckmäßig für den vorgesehenen kontinuierlichen Betrieb – der Reaktor wird dann von einem Ende zum anderen Ende durchflossen. Das Adsorptionsmaterial ist häufig in Form einer Schüttung) in dem Reaktor angeordnet. Die Volumina der Filter bzw. Filterpakungen sind in der Regel so bemessen, daß das Volumen des zu reinigenden Wassers, das die Filter bzw. die Filterpakungen pro Stunde durchströmt, das dreifache bis dreißigfache der Volumina der Filter bzw. der Filterschüttungen, beträgt.

Als Adsorptionsmittel kommen meist Zeolithe, insbesondere natürliche Zeolithe, bevorzugt Gismondit, Mordenit, Chabasit, Phillipsit oder Klinoptilolit in Frage. Diese Zeolithe sind effektiv in der Lage, Ammonium zu adsorbieren. Wegen der in der Regel vorliegenden geringen Massenbelastung (adsorbierte Masse des Ammoniums pro Masseneinheit des entsprechenden Adsorptionsmittels) der Zeolithe mit Ammonium, insbesondere bei niedrigerer Ammoniumkonzentration in dem von Ammonium abzureichernden wäßrigen Medium, ist eine Regenerierung der Zeolithe wirtschaftlich. Die Regenerierung geschieht durch Pumpen von nitrifizierende Mikroorganismen enthaltendem Belebtschlamm durch den Reaktor, wobei das Ammonium biologisch abgebaut wird.

Der Behälter, in dem der Belebtschlamm aufgefangen wird, ist bevorzugt als Belebungsbecken ausgebildet – prinzipiell kann dieser Behälter jedoch beliebig ausgebildet sein, z. B. als Abfluß. In dem Belebungsbecken werden Ammoniumreste weiter zu Nitrat abgebaut. Dabei wird das Belebungsbecken in der Regel mit Luft begast. Es ist zweckmäßig, dem Belebungsbecken ständig eine bestimmte Menge Wasser zu entnehmen, um zu verhindern, daß sich die Nitratkonzentration aufpegelt. Das Volumen des Belebtschlammes, der in dem Belebungsbecken enthalten ist, sollte so bemessen sein, daß die Raumbelastung an Ammonium zwischen 20 und 1000 g/m<sup>3</sup>/Tag beträgt. In einer bevorzugten Ausführungsform wird der in Stufe b) eingesetzte Belebtschlamm aus dem Belebungsbecken entnommen. Somit wird der Belebtschlamm im Kreislauf gefahren, und eine Entsorgung des Belebtschlammes ist nicht erforderlich. Der Belebtschlamm kann mittels einer Excenterschneckenpumpe oder einer Schlauchpumpe durch den Reaktor, der zu regenerierendes Adsorptionsmaterial enthält, gepumpt werden. Häufig empfiehlt es sich, für die Regenerierung mit dem Belebtschlamm einen Volumenstrom zu wählen (Durchfluß pro Stunde), der das zweifache bis fünfzehnfache des Volumens des Adsorptionsmittels beträgt, das in dem zu regenerierenden Reaktor enthalten ist.

Das in dem Belebtschlamm enthaltene gelöste Salz liegt in der Regel in Form von Natriumsalz, insbesondere Natriumnitrat, vor.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird während der Durchführung von Schritt b) intervallweise Gas von unten durch den Reaktor geleitet – prinzipiell ist jedoch auch eine kontinuierliche Hindurchleitung von Gas möglich. Durch das intervallweise Einblasen von Gas ist eine gute temporäre Fluidisierung der Schüttung erreichbar. Dadurch wird einer Verstopfung des Reaktors entgegengewirkt. Überraschenderweise nehmen die Bakterien auch bei längerem Betrieb dadurch keinen Schaden. Die Einleitung von Gas kann mittels eines Drehschieberverdichters oder mittels eines

Drehkolbengebläses durchgeführt werden. Mit diesen Geräten kann ein reduzierter Überdruck (meist unter 2 bar) erzeugt werden. Bevorzugt wird dabei als Gas Luft eingesetzt. Luft enthält Sauerstoff der zur biochemischen Oxidation des Ammoniums benötigt wird. Das Einleiten von Luft verhindert somit nicht nur die Verstopfung des Reaktors, sondern beschleunigt auch den biologischen Abbauprozess des Ammoniums in dem Reaktor. Bei dem periodischen, d. h. intervallweisen Einblasen von Luft beträgt die entsprechende Einblaszeit in der Regel jeweils 2 bis 10 Sekunden, das Pausenintervall zweckmäßigerweise häufig 5 bis 15 Sekunden. Dadurch wird ein verstopfungssicherer Betrieb und das gleichmäßige Durchströmen des Reaktors gewährleistet.

In der Regel liegt die in Schritt c) eingesetzte Flüssigkeit in Form einer klaren wäßrigen Lösung oder als klares Wasser vor. Typischerweise wird nach dem Regenerieren der Belebtschlamm aus der Kolonne in das Belebungsbecken gepumpt, wobei anschließend die Kolonne mit klarem Wasser, das kein (oder wenig) Ammonium enthält, gespült wird. Häufig wird während dieses Vorgangs Luft von unten in den Reaktor geblasen. Das Spülwasser gelangt dann in der Regel in das Belebungsbecken. Dadurch werden eventuell in dem Adsorptionsmittel noch verbliebene Bakterien in das Belebungsbecken zurückbefördert und außerdem erfolgt eine Verdünnung des Belebtschlammes im Belebungsbecken, in dem während der Regenerierung der Nitratgehalt durch Nitrifizierung gestiegen ist. Durch Einstellen der Spülwassermenge kann eine gleichbleibende Nitratkonzentration im Belebtschlamm gewährleistet werden.

Um einen kontinuierlichen Betrieb des gesamten Verfahrens zu gewährleisten, ist eine Anlage erforderlich, die mehrere Reaktoren aufweist, von denen bevorzugt einer während des Betriebs regeneriert wird, während andere gleichzeitig Ammonium adsorbieren. Es können demgemäß mehrere Reaktoren eingesetzt werden, wobei dann Schritt b) und Schritt c) während des Ablaufs von Schritt a) durchgeführt werden. Nach Beendigung der Durchführung der Stufe a) in einem Reaktor schließt sich dann meist unmittelbar die weitere Durchführung der Stufe a) in einem weiteren Reaktor an. Die Reaktoren können dann in der Regel mit Hilfe von Ventilen, Hähnen oder Schiebern so geschaltet werden, daß wahlweise zu reinigendes Wasser oder Belebtschlamm durchgepumpt werden kann. Der kontinuierliche Betrieb des gesamten Verfahrens ist wirtschaftlich attraktiv.

Erfindungsgemäß wird auch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellt, die folgende Einrichtungen enthält,

- i) ein oder mehrere Adsorptionsmittel aufweisende Reaktoren,
- ii) ein Belebtschlamm enthaltendes Belebungsbecken,
- iii) eine Einrichtung zur Belüftung des Belebungsbeckens,
- iv) Ventile, Hähne oder Schieber zur Schaltung der Reaktoren,
- v) eine Einrichtung zur Beförderung des Belebtschlammes durch die Reaktoren und
- vi) eine Einrichtung zur Beförderung von Gas durch die Reaktoren.

Wie bereits vorstehend erläutert, ist es zweckmäßig, mehrere Reaktoren einzusetzen, um ein kontinuierliches Verfahren zu gewährleisten. Die Einrichtung zur Beförderung von Gas durch die Reaktoren ist in der Regel ein Belüftungsapparat, der mit geringem Überdruck (bevorzugt bis zu 3 bar) Luft durch den Reaktor pumpen kann. Außerdem kann eine Steuereinrichtung, die ein intervallweises Einblasen der Luft in den Reaktor regelt, zweckmäßig sein. Die Einrich-

5  
 tung zur Beförderung des Belebtschlammes durch die Reaktoren ist häufig als Pumpe ausgebildet. Auch die Einrichtung zur Belüftung des Belebungsbeckens kann als Pumpe ausgestaltet sein. Prinzipiell ist es möglich, für die Belüftung des Belebungsbeckens und für die Beförderung von Gas durch den Reaktor nur eine Einrichtung (z. B. eine Pumpe) einzusetzen.

Im folgenden soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Zur Dokumentation des Beispiels wird auch die Zeichnung herangezogen. Die Zeichnung zeigt in Fig. 1 ein Schema einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

#### Beispiel

Zur Reinigung von Abwasser, das eine Ammoniumbelastung von 5 mg/l aufweist, wird eine Anlage, die schematisch in Fig. 1 dargestellt ist, eingesetzt. Das Abwasser wird mittels einer Pumpe 1 über zwei der Filterkolonnen 2 (Reaktoren), die ein Schüttvolumen von jeweils 60 l aufweisen (Schüttung eines Zeoliths), gepumpt und dort von Ammonium befreit. Die in den Filterkolonnen enthaltene Filterschüttung enthält als Adsorptionsmittel aus Australien stammenden natürlichen Klinoptilolit, der Korngrößen von 0,5 bis 4 mm, aufweist. Eine der Filterkolonnen 2 wird mittels Belebtschlamm 3, der sich im Belebungsbecken 4 befindet, gleichzeitig regeneriert. Der eingesetzte Belebtschlamm 3 stammt aus der biologischen Reinigungsstufe einer Kläranlage. Dieser enthält Organismen, die biologisch verwertbare Stoffe abbauen oder umwandeln. Im vorliegenden Fall enthält der Belebtschlamm 3 vorwiegend nitrifizierende Organismen, d. h. Bakterien, die Ammonium zu Nitrit und anschließend zu Nitrat oxidieren. Normalerweise besitzt Belebtschlamm ca. 0,4 bis 2% Trockenrückstand – in dem vorliegenden Fall ca. 1% Trockenrückstand. Dabei befinden sich die Organismen in dem Belebtschlamm 3 in Form von Flocken. Der Belebtschlamm 3 wird in dem Verfahren mittels einer Excenterschneckenpumpe 5 vom Belebungsbecken 4 über eine der Filterkolonnen 2, die regeneriert werden soll, im Kreis gepumpt. Um ein Verstopfen letzterer zu verhindern, wird im Takt von ca. 5 Sekunden für jeweils ca. 5 Sekunden (jeweils ca. 5 Sekunde Pause) ein Belüftungsventil 6 am Boden dieser Filterkolonne geöffnet und von dem Drehschieberverdichter 7 Druckluft eingeblasen. Der Gehalt an Ammonium nach Durchlauf der ersten der Filterkolonnen 2 und im Ablauf 8 der Anlage werden mit der Meßzelle 9 kontrolliert. Bei einem Durchsatz von 500 l/h werden im Ablauf Werte zwischen 0,04 und 0,5 mg/l. Ammonium gemessen. Der Ammoniumgehalt in dem Abwasser kann somit auf 1 bis 10%, bezogen auf die ursprüngliche Belastung, durch das Verfahren abgereichert werden. Dies zeigt, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine effektive Reduzierung der Ammoniumkonzentration möglich ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung der Ammoniumkonzentration in Ammonium enthaltenden wäßrigen Lösungen, das folgende Schritte aufweist:
  - a) Leitung einer Ammonium enthaltenden wäßrigen Lösung durch einen Adsorptionsmittel aufweisenden Reaktor,
  - b) Beförderung von gelöstes Salz enthaltendem Belebtschlamm (3) durch den Reaktor, wobei der aus dem Reaktor ausgeführte Belebtschlamm (3) in einem Behälter aufgefangen wird und
  - c) Spülen des Reaktors mit Flüssigkeit, die kein

6  
 oder nur wäßriges Ammonium enthält, dadurch gekennzeichnet, daß während der Durchführung von Schritt b) Gas von unten durch den Reaktor geleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während der Durchführung von Schritt b) intervallweise Gas von unten durch den Reaktor geleitet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Gas Luft eingesetzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die in Schritt c) eingesetzte Flüssigkeit in Form einer klaren wäßrigen Lösung oder als klares Wasser vorliegt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter als Belebungsbecken (4) ausgebildet ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der in Stufe b) eingesetzte Belebtschlamm (3) aus dem Belebungsbecken (4) entnommen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Belebtschlamm (3) enthaltenes gelöstes Salz in Form von Natriumsalz, insbesondere Natriumnitrat, vorliegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktor rohr- oder säulenförmig ausgebildet ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Adsorptionsmittel Zeolithe, insbesondere natürliche Zeolithe, bevorzugt Gismondit, Mordonit, Chabasit, Phillipsit oder Klinoptilolith, eingesetzt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Reaktoren eingesetzt werden und Schritt b) und Schritt c) während des Ablaufs von Schritt a) durchgeführt werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß nach Beendigung der Durchführung der Stufe a) in einem Reaktor sich die weitere Durchführung der Stufe a) in einem weiteren Reaktor unmittelbar anschließt.
12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, enthaltend folgende Einrichtungen:
  - i) ein oder mehrere Adsorptionsmittel aufweisende Reaktoren,
  - ii) ein Belebtschlamm (3) enthaltendes Belebungsbecken (4),
  - iii) eine Einrichtung zur Belüftung des Belebungsbeckens,
  - iv) Ventile, Hähne oder Schieber zur Schaltung der Reaktoren,
  - v) eine Einrichtung zur Beförderung des Belebtschlammes (3) durch die Reaktoren und
  - vi) eine Einrichtung zur Beförderung von Gas durch die Reaktoren.

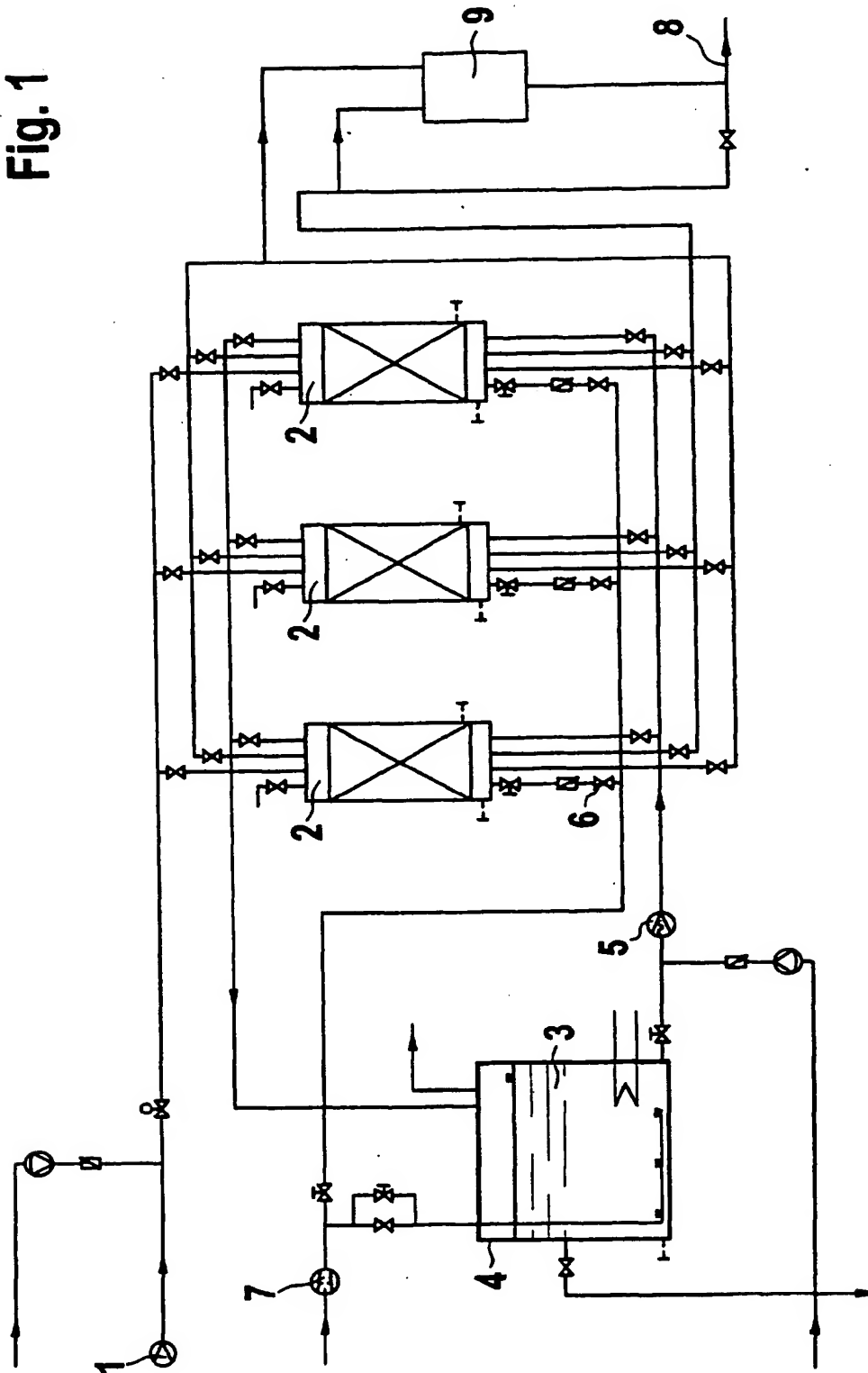
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

**BEST AVAILABLE COPY**

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 1



Offenlegungstag:

25. Januar 2001